

рис.1. а – Изображение динамической доменной структуры эпитаксиальной плёнки феррита-граната при $f = 2,5$ кГц, $H_0 = 32,8$ Э; б – динамические кривые намагничивания топологически различных динамических доменных структур: белые точки – лабиринтарная ДДС, чёрные – СДД.

На рис.1б. представлены кривые намагничивания, построенные по предельным значениям намагниченности частных петель гистерезиса при различных значениях амплитуды внешнего поля. Точками на графике отмечены значения относительной намагниченности областей с доменной структурой различной топологии: белые – лабиринтарная динамическая ДС, чёрные – СДД. Видно, что во всей амплитудной области существования СДД (серая область на графике) локальная намагниченность областей плёнки с СДД меньше, чем в областях с окружающей неупорядоченной лабиринтарной доменной структурой. Полученные данные позволяют объяснить локальное уменьшение намагниченности на кривой намагничивания в области существования СДД, полученное в [5].

Впервые проведены измерения локальной намагниченности участков плёнки с топологически различной динамической доменной структурой (лабиринтарной ДС и СДД). Получены кривые намагничивания плёнки феррита-граната с перпендикулярной анизотропией для областей, в которых существует динамическая лабиринтарная ДС и областей плёнки, в которых формируются СДД. Установлено, что величина относительной намагниченности областей плёнки, в которых формируются СДД, во всём амплитудном диапазоне их существования, меньше намагниченности областей плёнки с неупорядоченной лабиринтарной доменной структурой.

Работа выполнена в рамках базовой части Госзадания Минобрнауки РФ (проект №3.6121.2017).

Список публикаций:

- [1] Г.С. Кандаурова, УФН **172**, 10 (2002).
- [2] Л.С. Успенская, А.Л. Рахманов, УФН **182**, 7 (2012).
- [3] Г.С. Кандаурова, В.Х. Осадченко, ДАН. **365**, 2 (1999).
- [4] М.В. Логунов, М.В. Герасимов, ФТТ **44**, 9 (2002).
- [5] Г.С. Кандаурова, В.Х. Осадченко, Письма в ЖТФ. **20**, 21 (1994).

Влияние низкотемпературной конденсации углерода на магнитные свойства и гигантский магнитный импеданс аморфных лент на основе кобальта

Голубева Елизавета Владимировна

Членова Анна Александровна, Степанова Елена Александровна, Курляндская Галина Владимировна

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

Степанова Елена Александровна, к.ф.-м.н.

golubeva.elizaveta@urfu.ru

Эффект гигантского магнитного импеданса (ГМИ) заключается в значительном изменении полного электросопротивления (Z) ферромагнитного проводника высокочастотному переменному току при помещении его во внешнее квазистатическое магнитное поле (H). Относительное изменение импеданса $\Delta Z/Z$ в случае ГМИ превышает 100%. Данный эффект имеет очень высокую чувствительность по отношению к изменению внешнего магнитного поля, что позволяет применять в магнитном биодетектировании как для детектирования полей рассеяния суперпарамагнитных маркеров, так и для безмаркерного детектирования. В последнем случае состояние поверхности играет особенно важную роль. В частности, примером детектирования суперпарамагнитных маркеров является задача определения концентрации магнитных наночастиц в феррогелях. В ряде приложений необходимо обеспечить хорошую адгезию между полимерным покрытием и чувствительным элементом датчика. В качестве адгезионного слоя, который также может выступать в роли защитного, предлагается графеноподобное покрытие, полученное методом низкотемпературной конденсации углерода из ароматических сольвентов. Особенности протекания данного процесса были исследованы в случае

наночастиц Fe и Ni, а также тонких пленок пермаллоя и чистого железа [1], но данные для аморфных магнитомягких материалов в литературе отсутствуют.

В данной работе исследованы особенности магнитных свойств и гигантского магнитного импеданса аморфных лент состава S1 - $\text{Fe}_3\text{Co}_{67}\text{Cr}_3\text{Si}_{15}\text{B}_{15}$ (ширина 0,8 мм) и S2 - $\text{Fe}_5\text{Co}_{70}\text{Si}_{15}\text{B}_{10}$ (ширина 1,8 мм), а также скорость коррозии образцов в физиологическом растворе (0,9% раствор NaCl). Образцы в исходном состоянии (быстрозакаленные аморфные ленты без обработки) обозначены S1-cl, S2-cl, соответственно. Ленты, подвергнутые выдержке в толуоле в течение 1 и 2 месяцев – S1-T1m, S2-T1m и S1-T2m, S2-T2m, соответственно. Квазистатические петли гистерезиса были получены на измерительно-вычислительном комплексе ММКС-100-05, визуализация доменной структуры производилась на магнитооптическом Керр-микроскопе (МОКЕ, Evico). Масса образцов определялась на высокоточных аналитических весах ME 235S. ГМИ характеристики образцов были измерены на специализированной установке, основу которой составляет анализатор импеданса Agilent HP e4991A. Амплитуда высокочастотного тока составляла 10 мА, частота варьировалась от 1 до 50 МГц. Внешнее магнитное поле во время ГМИ измерений прикладывалось в плоскости ленты и вдоль ее длинной стороны образца, т.е. измерялся продольный эффект ГМИ. Коррозионная устойчивость лент оценивалась по величине относительной потери массы образцов после погружения их в 0,9% раствор NaCl.

Результаты исследований показали, что быстрозакаленные аморфные ленты обоих составов в исходном состоянии представляют собой (рис. 1(а)) магнитомягкие материалы с продольной эффективной магнитной анизотропией. Выдержка аморфных лент на основе кобальта в толуоле при комнатной температуре в течение месяца приводит к низкотемпературной конденсации углерода из полициклических ароматических сольвентов на их поверхности. Косвенно это подтверждается увеличением массы образцов в среднем на 3%, и изменением их магнитных и магнитоимпедансных свойств. Выдержка в толуоле привела к уменьшению коэрцитивной силы и уменьшению гистерезиса ГМИ в случае образца S2. Несмотря на отсутствие изменения коэрцитивной силы в случае образца S1, по магнитооптическим изображениям его доменной структуры (ДС) до и после обработки в сольвенте в течение 1 месяца видно, что обработка поверхности в толуоле влияет на особенности эффективной магнитной анизотропии. В исходном состоянии особенности ДС указывают на значительный вклад поперечной компоненты эффективной магнитной анизотропии, в то время как после обработки в поверхностном слое поперечная и продольная компоненты конкурируют, что также отражается в сужении расстояния между ГМИ пиками (рис. 1(б)). Подобные эффекты наблюдаются при термической обработке (отжиге) образцов и объясняются снятием их поверхностных закалочных напряжений, вносящих существенный вклад в их магнитные свойства. Таким образом, углеродное покрытие, полученное путем низкотемпературной конденсации в ароматических сольвентах, также приводит к релаксации напряжений, что выгодно при использовании данных сред в качестве чувствительных элементов датчиков, основанных на эффекте ГМИ.

Измерения относительной потери массы образцов S2-cl и S2-T1m при погружении их в 0,9 % раствор NaCl показали уменьшение скорости коррозии образцов (рис. 1(в)), что также является полезным для практического применения.

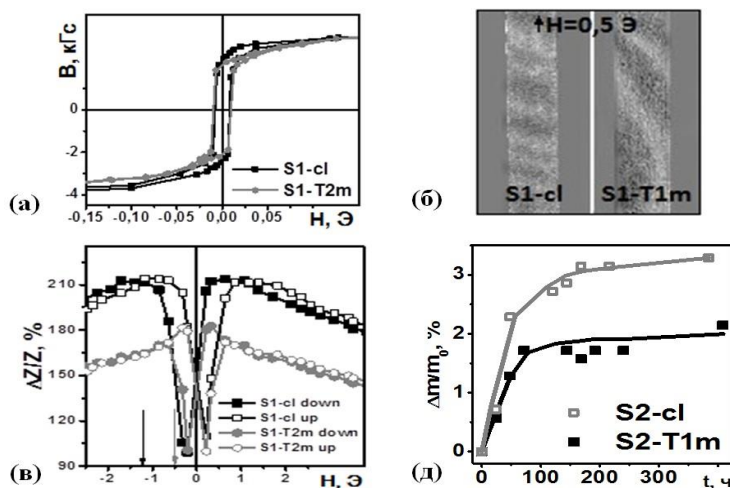


рис. 1. а – магнитостатические петли гистерезиса образца S1; б - магнитооптические изображения образца S1; в - зависимость ГМИ отношения $\Delta Z/Z$ от величины внешнего магнитного поля H на частоте переменного тока $f=19 \text{ МГц}$; д - зависимость потери массы образца S2 от времени выдержки в растворе NaCl

Список публикаций:

[1] Safronov, A.P., Kurlyandskaya G.V., Chlenova A.A., Kuznetsov M.V., Bazhin D.N., Beketov I.V., Sanchez-Illarduya M.B., Martinez-Amesti A. //Langmuir. 2014. С. 3243.